

Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte- vol. 10- número 39- septiembre 2010 - ISSN: 1577-0354

González Montesinos, J.L.; Caraballo Vidal, I.; Gómez Espinosa de los Monteros, R.; Fernández Santos, J. y Román Bazán, M.A. (2010). Propuesta para calcular el índice de elasticidad máxima en miembros inferiores. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (39) pp. 356-368.
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artcalculo161.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artcalculo161.htm)

ORIGINAL

PROPUESTA PARA CALCULAR EL ÍNDICE DE ELASTICIDAD MÁXIMA EN MIEMBROS INFERIORES

PROPOSAL TO CALCULATE THE MAXIMUM ELASTICITY INDEX VALUE OF LOWER MEMBERS

González Montesinos, J.L.¹; Caraballo Vidal, I.¹; Gómez Espinosa de los Monteros, R.¹; Fernández Santos, J.¹ y Román Bazán, M.A.²

¹ Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España. jgmontesinos@uca.es, israelcaraballo80@yahoo.es, roqueptoreal@hotmail.com, delrito84@hotmail.com

²Técnico Superior en Audiovisuales. romanevora@gmail.com

Clasificación UNESCO: 2406.04 Biomecánica.

Clasificación del Consejo de Europa: 3. Biomecánica del deporte

Recibido 11 de mayo de 2009

Aceptado 8 septiembre 2009

RESUMEN

En el presente artículo se ha calculado el índice de elasticidad máxima de los miembros inferiores en una población de 24 sujetos (19.6 ± 0.3 años, 1.73 ± 0.6 m, 71.7 ± 1.2 Kg), estudiantes de la titulación de Magisterio de Educación Física.

Para calcular el índice de elasticidad máxima de miembros inferiores hemos utilizado el test de Bosco y una nueva propuesta ideada por los autores del presente artículo denominada "test de salto de ángulo libre". El test consiste en obtener el ángulo óptimo de flexión de rodillas a partir del Counter Movement Jump mediante análisis de video para posteriormente realizar el squat jump y así calcular el índice de elasticidad máximo.

Los resultados indican que los sujetos consiguen mejores marcas y con un mayor rango utilizando la prueba de ángulo libre con respecto a la de Bosco. Se ha obtenido una correlación significativa ($p < 0.01$) entre el índice de elasticidad calculado a partir del test de Bosco y el calculado a partir del test de ángulo libre.

PALABRAS CLAVE: Índice de elasticidad, salto vertical, fotogrametría 2D.

ABSTRACT

The present work shows the maximum elasticity index value of lower members calculated in 24 subjects (19.6 ± 0.3 years, 1.73 ± 0.6 m, 71.7 ± 1.2 Kg), students of the degree of Teaching of Physical Education.

We calculated the maximum elasticity index value of lower members by means of Bosco's test and a new proposal devised by us that we call test of free angle. We can obtain the best angle of knee flexion through the video analysis of the countermovement jump to perform the squat jump.

The results obtained indicate that subjects perform best scores with the test of free angle. We have obtained a significant correlation ($p < 0.01$) between the elasticity index value calculated by means of Bosco's test and the test of free angle.

KEYWORDS: Elasticity index, vertical jump, photogrammetry 2D

1. INTRODUCCIÓN

En numerosas disciplinas deportivas un gesto motor aislado puede comprender fases excéntricas que, en algunas ocasiones son amortiguadas y transformadas en energía calorífica y en otras son reutilizadas, tras el estiramiento de los componentes elásticos, en energía cinética que va a posibilitar un mayor rendimiento. Tal es el caso de la fase excéntrica, previo a un salto vertical para poder rematar o bloquear a mayor altura en voleibol, o la fase de batida en un salto de altura o en un salto con pértiga.

En deportes como la gimnasia artística, donde sin lugar a dudas son predominantes este tipo de acciones motoras, son definidas como salto con impacto previo después de una carrera de impulso rápida y con ayuda dinámica de despegue (Marina y Rodríguez, 1993; Bürlhe, 1985).

Para Locatelli, (1990 y 1996), en el momento de contactar con el suelo, al finalizar un elemento y antes de iniciar el enlace con el siguiente se verifica una contracción pliométrica, en la que el músculo acumula energía que podrá posteriormente transformarse, puesto que se opone a una fuerza muy alta.

Así pues, numerosos autores corroboran la importancia del preestiramiento muscular, atribuyéndole una mejora de la fuerza explosiva, debida a la activación del reflejo de estiramiento y al comportamiento elástico del músculo (Bosco, Komi, e Ito, 1981; Galilea, y col. 1990; Hernández, 1989; Ramey, 1982; Saibene, y col., 1986; Asmussen y Bonde Petersen, 1974).

Son muy numerosas las investigaciones realizadas a este respecto, algunas de ellas con casi 30 años de vigencia y son punto de referencia para

numerosos estudios que cuantifican la capacidad de salto e Índice de Elasticidad. Sin embargo, a pesar de que son investigaciones llevadas a cabo hace bastante tiempo, siguen estando vigentes y presentes en estudios actuales.

El índice de elasticidad va a ser fundamental en deportes en los que la capacidad de salto juega un papel importante (Anderson y Pandy, 1993) y por ello es recomendable la realización de tests que regulen y controlen el desarrollo de esta capacidad. Sin embargo, los tests que miden el índice de elasticidad lo realizan en función de un ángulo de rodillas previo al salto predeterminado de 90°, sin tener en cuenta que a otras angulaciones de rodillas el salto y el índice de elasticidad puede ser mayor. Así pues, como objetivo del presente artículo es proponer un nuevo protocolo de salto que permita calcular el índice de elasticidad máximo de cada individuo.

1.1 La elasticidad muscular: definición y cálculo

Si un sujeto ejecuta un Squat Jump (SJ) o salto en semiflexión y tras aterrizar realiza inmediatamente un nuevo salto, el segundo salto es mayor que el primero. Este hallazgo fue realizado por Marey y Demyer en 1885 (Cavagna y col. 1971). La explicación de esta situación es que en la batida del segundo salto los sujetos son capaces de utilizar la energía de los elementos elásticos producida en el aterrizaje del primer salto.

Así pues, cuando se estira el músculo previamente se esta transformando la energía desarrollada en la fase excéntrica muscular en energía cinética. En el trabajo excéntrico, la fuerza aumenta hasta un cierto punto paralelamente a la velocidad de estiramiento. El músculo resiste el estiramiento, oponiendo una fuerza mayor a la que se produce en la contracción concéntrica. Esto deriva del hecho que durante la fase de estiramiento, parte de la tensión que se produce proviene de los elementos elásticos en serie del músculo o “serie elastic component” (S.E.C) (Bosco y col., 1982).

Para que esta energía cinética o energía elástica potencial de los elementos elásticos en serie sea reutilizable es imprescindible que la transición entre la fases excéntricas y concéntricas sea lo más breve posible (Bosco y col. 1982), ya que si esta fase de acoplamiento es demasiado larga (>200/300 ms), la energía elástica se pierde, se dispersa en forma de calor (Fenn y Marsh 1935).

Algunos autores como Vélez (1992), reflejan que la capacidad de fuerza no sólo depende de la capacidad del músculo para contraerse, sino que además depende de otros factores o elementos, como la capacidad viscoelástica, que permite pensar más que en diferentes tipos de fuerza, en diferentes formas de manifestación de la fuerza.

Así pues, en resumen, pueden distinguirse, en función de que se utilice o no el ciclo de estiramiento-acortamiento dos grupos de manifestaciones de la

fuerza: manifestaciones activas y manifestaciones reactivas (García y Rodríguez, 1997; Vittori, 1990).

1.2 Cálculo del índice de elasticidad:

El cálculo de la energía acumulada o almacenada en los componentes elásticos tras la fase excéntrica previa tras un salto vertical queda reflejada en la siguiente fórmula (F1) (Cavagna y col. 1971):

$$F1) \quad E = m \cdot g \cdot (h_{max} \cdot h_{min})$$

Donde:

m = masa del cuerpo

$g = 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

h_{max} = altura del centro de masa cuando la velocidad es igual a cero

h_{min} = la altura del centro de masa en el inicio del movimiento ascendente.

Existen numerosos tests y pruebas físicas que evalúan la fuerza de los miembros inferiores, sin embargo, para el cálculo del índice de elasticidad sobresale por su sencillez y por las numerosas investigaciones realizadas el test de Bosco (Bosco, 1980).

Para calcular el índice de elasticidad de miembros inferiores mediante salto vertical se realizan los siguientes tests:

1º Squat Jump (SJ):

En esta prueba el sujeto debe efectuar un salto vertical partiendo de una posición semiflexionada con rodillas a 90°, con el tronco recto y las manos a la cintura. No se debe realizar ningún contramovimiento previo al salto, ni ayudarse en la impulsión con los brazos o el tronco.

Este test es utilizado para la valoración de la manifestación explosiva de las extremidades inferiores, la cuál es típica en aquellas acciones que se producen de la manera más rápida y potente posible, iniciándose desde posición de parado.

2º Counter Movement Jump (CMJ):

El sujeto partiendo de una posición erguida y colocando sus manos en la cintura, realiza un salto vertical máximo. En esta ocasión se realiza un contramovimiento previo al salto por lo que se aprovecha la capacidad elástica de los músculos de las extremidades inferiores implicados en el salto. En el protocolo de Bosco y Komi se desciende hasta los 90° (Bosco, Luhanen, y Komi, 1983).

Este test es utilizado para la valoración de la manifestación elástico-explosiva de la fuerza, que se refleja en un rápido movimiento de flexoextensión de las rodillas.

En ambos tests se anotaría la altura alcanzada por el sujeto para luego introducir los datos en la fórmula y es importante dichas alturas estén

registradas en la misma unidad para no cometer errores en el cálculo. La diferencia entre el Squat Jump o salto sin contramovimiento y el Counter Movement Jump o salto con contramovimiento daría como resultado el índice de elasticidad (F2), ya que lo que principalmente se discrimina es este factor (Bosco, 1987; Bobbert y Schenaugs, 1988).

$$(F2) \quad IE = \frac{(CMJ - SJ) \cdot 100}{SJ}$$

El índice de elasticidad es fundamental en deportes en los que la capacidad de salto juega un papel fundamental y por ello es recomendable la realización de tests que regulen y controlen el desarrollo de esta capacidad a lo largo de la temporada.

El objetivo que perseguimos con este estudio es demostrar que el test de Bosco limita la completa utilización de la energía elástica potencial debido a que impone un ángulo de flexión de rodilla de 90° tanto en el SJ como en el CMJ y por lo tanto el índice de elasticidad máximo calculado a partir de estos saltos sería erróneo. Debido a esto proponemos un test que eluda dicha limitación pudiendo calcular correctamente el índice de elasticidad máxima en los miembros inferiores.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

Para la realización del presente estudio se ha utilizado el siguiente material:

- Sistema de medición de salto por conductividad eléctrica (González, Mora, 2006)
- Videocámara digital DV SONY HANDYCAM DCR-DVD 110E PAL
- Sistema de referencia 1x1 m.
- Trípode
- Goniómetro manual
- Programa de análisis de vídeo Virtualdub versión 1.7.0
- Tarjeta capturadora de vídeo AVerTV Cardbus Plus (E501R) PAL/SECAM
- Software libre de digitalización ATD2 (Universidad de Granada)

2.2 Propuesta para el cálculo del Índice de Elasticidad Máxima Real de miembros inferiores. Test de ángulo libre.

1. Colocación de la cámara en un lugar fijo y estable. Se ha dispuesto la cámara digital perpendicular al sistema de medición de la capacidad de salto mediante conductividad eléctrica (González, Mora, 2006) a una distancia y a una altura que permite una visión correcta de los miembros inferiores del sujeto a estudio. Previamente se ha filmado un sistema de referencia de 1 m de longitud.

2. Conectar la cámara al ordenador portátil a través de la tarjeta capturadora de vídeo. AVerTV Cardbus.
3. El sujeto a estudio realiza un CMJ a la máxima intensidad y sin limitación en la angulación de rodillas. No se le condiciona y se le informa que salte libremente y a la máxima intensidad.
4. Se procede a la rápida digitalización de las imágenes con el programa Virtualdub y descomponer la filmación en fotogramas.
5. Localizar el fotograma en el cual el sujeto se encuentra con la máxima flexión de rodillas y al cálculo de dicho ángulo mediante el programa informático ATD2.
6. Realizar un SJ con un ángulo de flexión de rodillas igual al utilizado en el CMJ y calculado en el paso anterior.
7. Calcular en función de la Fórmula (F2) el Índice de Elasticidad.

2.3 Sujetos

Han sido estudiados 24 sujetos (19.6 ± 0.3 años, 1.73 ± 0.6 m, 71.7 ± 1.2 Kg) estudiantes de Magisterio de Educación Física. Los sujetos estudiados no estaban federados, ni competían en ninguna competición oficial, sino que practicaban actividad física regular, al menos tres veces por semana. Previo a la realización de las pruebas se realizó un calentamiento previo de 10 minutos de duración dividido en tres partes: carrera continua (5'), estiramientos (3') y saltos verticales (2') (SJ y CMJ). En esta última parte se colocan por parejas con un goniómetro manual para cada una con el que colocaban a su pareja con una flexión de rodillas de 90° para ir practicando los saltos del test de Bosco. Insistimos en que no realizasen ningún balanceo en el SJ y en que en el CMJ propuesto por Bosco no debe existir flexión de rodillas superior a 90° a la hora de realizar el contramovimiento.

2.4 Método

Para determinar las diferencias existentes en las medidas obtenidas en función de las 2 pruebas se ha seguido el siguiente método:

1. Cálculo del índice de elasticidad de 24 sujetos siguiendo el protocolo desarrollado por Bosco (1980) descrito en el apartado 1.2. Para conseguir un ángulo de flexión de rodillas de 90° en el test SJ utilizamos un goniómetro manual con el cual indicábamos a los sujetos la postura correcta. Para el test CMJ a 90° , los sujetos tenían como referencia para bajar a 90° previo al salto la colocación de una cinta elástica, colocada mediante dos trípodes tras el sujeto, de forma que en caso de ser desplazada al realizar el contramovimiento debería repetir el salto.

2. Cálculo del índice de elasticidad de 24 sujetos a partir de la propuesta realizada en la presente investigación descrito en el apartado 2.2.
3. Análisis estadístico de los datos. En la toma de datos se ha utilizado la hoja de cálculo Microsoft Excel 2002, para posteriormente realizar el análisis de los datos, tablas y gráficos utilizando el programa estadístico SPSS versión 15. Hemos realizado una estadística descriptiva de los valores obtenidos en ambos test (rango, mínimo, máximo, media y desviación típica) y la correlación (prueba de Pearson) y comparación de medias (prueba T para muestras relacionadas) entre los índices de elasticidad calculados en ambas pruebas.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se refleja la estadística descriptiva relativa a las alturas de salto obtenidas siguiendo el protocolo de Bosco (1980).

	Test de Bosco				
	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Altura SJ (m)	0,21	0,23	0,44	0,3416	0,0584
Altura CMJ (m)	0,23	0,26	0,49	0,3861	0,0687
Índice de elasticidad	0,1090	0,0061	0,1151	0,0445	0,0299

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las alturas alcanzadas en los saltos del Test de Bosco, SJ y CMJ, expresados en metros y del índice de elasticidad calculado a partir de esta prueba.

En la tabla 2 se observa la estadística descriptiva relativa a la altura y los ángulos de flexión de rodilla obtenidos en los saltos Squat Jump y Counter Movement Jump utilizando el test de ángulo libre.

	Test de ángulo libre				
	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Altura SJ (m)	0,25	0,23	0,48	0,352650	0,0608027
Altura CMJ (m)	0,43	0,29	0,72	0,435113	0,0974139
Ángulo óptimo (°)	41	60	101	81,79	9,886
Índice de elasticidad	0,3244	0,0047	0,3291	0,0825	0,0708

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las alturas alcanzadas en los saltos del Test de ángulo libre, SJ y CMJ, expresados en metros y del ángulo óptimo de flexión de rodillas e índice de elasticidad calculado a partir de esta prueba.

Comparando los resultados obtenidos por los sujetos utilizando el protocolo de Bosco (1980), es decir, realizando un SJ partiendo de un ángulo de 90° y un CMJ realizando un contramovimiento hasta alcanzar un ángulo de flexión de rodillas de 90° (tabla 1), con los resultados alcanzados al realizar la misma prueba pero utilizando un ángulo libre específico para cada sujeto con el que se sintieran más cómodos a la hora de realizar la prueba (tabla 2) se observa que de esta última manera se consigue alcanzar una mayor altura en ambos saltos siendo la diferencia más abultada en el CMJ. Calculando el índice de elasticidad en ambas pruebas obtenemos un resultado que es casi el doble si se realiza mediante el test de ángulo libre: Índice de Elasticidad a 90° de 0,0445 frente a 0,0825 del Índice de elasticidad libre (tabla 2). Con respecto al ángulo óptimo de flexión de rodillas podemos encontrar resultados que van desde los 60° a los 101° siendo la media de $81,79^\circ$, un ángulo menor respecto a los 90° que se propone en el protocolo desarrollado por Bosco.

La figura 1 refleja la correlación existente entre el índice de elasticidad obtenido a partir del test de Bosco y el obtenido a través del test de ángulo libre con un valor de $r = 0,682$ ($p < 0,01$).

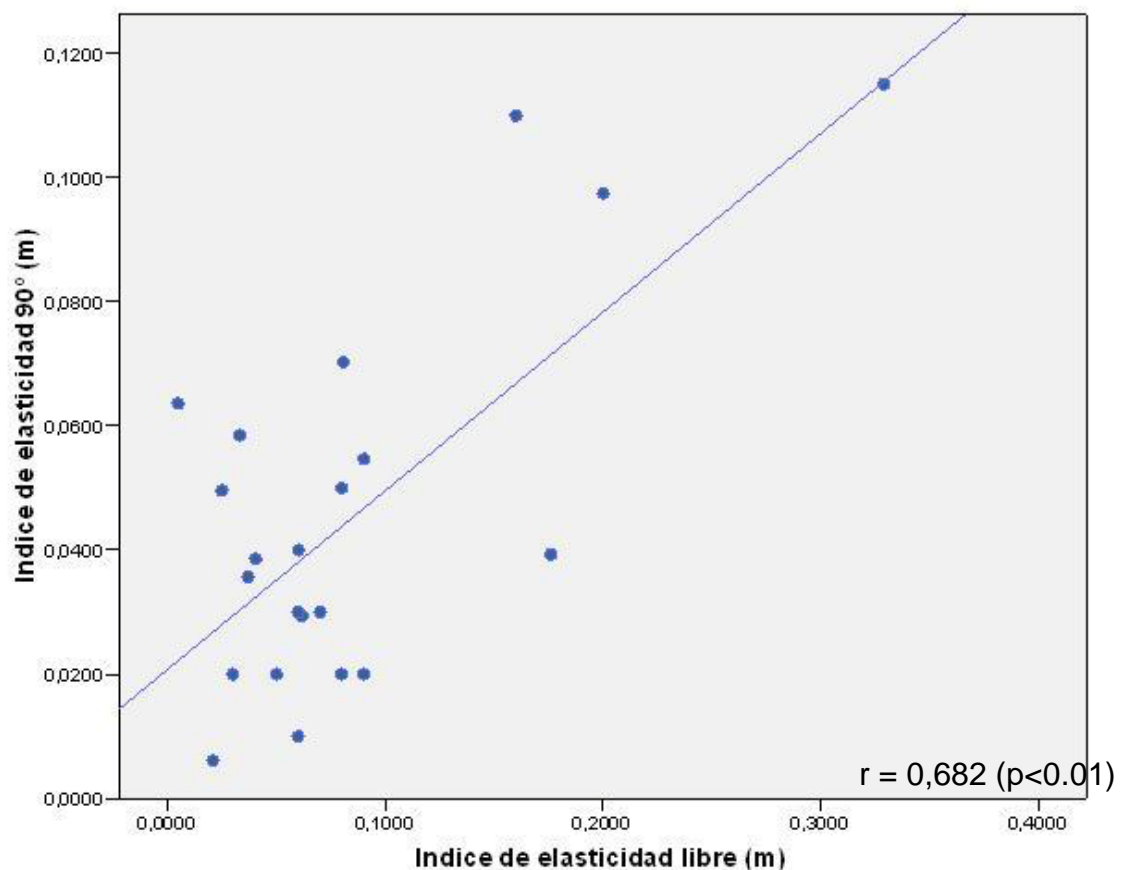


Figura 1. Correlación entre relacionando el índice de elasticidad calculado a partir del Test de Bosco (índice de elasticidad 90°) y el índice de elasticidad calculado a partir del test de ángulo libre (índice de elasticidad libre). ($n=24$) $p < 0,01$.

En la tabla 3 se reflejan los resultados obtenidos para la prueba T para las variables relacionadas (Índice de elasticidad 90° - Índice de elasticidad libre).

	Diferencias relacionadas							
	Media	Desv. Típ.	Error de típ la media	95 % intervalo de confianza para la diferencia		T	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Índice de elasticidad 90° – Índice de elasticidad libre	- 0,0379	0,055	0,0112	- 0,0612	- 0,0147	- 3,381	23	0,003

Tabla 3. Resultados de la prueba T relacionando el índice de elasticidad calculado a partir del Test de Bosco (índice de elasticidad 90°) y el índice de elasticidad calculado a partir del test de ángulo libre (índice de elasticidad libre)

4. DISCUSIÓN

Tras el estudio realizado se estima si sería conveniente plantearse si el protocolo utilizado hasta la fecha para calcular el índice de elasticidad es o no correcto, puesto que al limitar en todos los sujetos, mediante el test de Bosco una angulación de rodillas a 90°, con independencia de su altura, sexo, características y tipo de entrenamiento habitual; realmente no se está midiendo el índice de elasticidad máxima de cada individuo, sino su índice de elasticidad de miembros inferiores para ese ángulo.

Además, otros estudios demuestran, respecto a la angulación de las rodillas, que se observa cierta dificultad por parte de los sujetos de interiorizar y repetir la posición de flexión de rodillas a 90° previo al salto Counter Movement Jump. Esta misma dificultad de mantener las rodillas a 90° se repite durante la ejecución del test Repeat Jump o de saltos repetidos (Aguado y González, 1996; González y col, 2007; González, y Aguado, 2000).

El hecho de que el sujeto ha de controlar la angulación y posición de sus rodillas, puede provocar que no se utilice en su totalidad la capacidad viscoelástica de los músculos intervinientes, que, por otro lado, tendrán una angulación ideal en la cual la capacidad viscoelástica se manifiesta en su totalidad y que en algunos casos no tiene por qué ser de 90°. Es decir, en el test CMJ se utiliza una cantidad de energía viscoelástica que no ha de ser la máxima que es capaz de desarrollar en la flexoextensión de sus extremidades inferiores, sino aquella que es capaz de exteriorizar para una angulación de 90°, que es la que exige este protocolo. Sin embargo, posiblemente, cada sujeto está habituado a trabajar determinados gestos técnicos que implican una angulación determinada y que no tiene por qué coincidir con los 90°, y su máxima capacidad viscoelástica se manifestará a esa angulación personal de cada deportista.

Así pues, la capacidad viscoelástica, o capacidad de almacenar y exteriorizar posteriormente la energía acumulada tras un estiramiento previo de los componentes elásticos del sistema muscular y tendinoso, se exterioriza correctamente en aquellas acciones en las cuales el músculo trabaja habitualmente y por lo tanto con gestos muy automatizados, dónde la transición del movimiento excéntrico o de frenado y el movimiento concéntrico o de aceleración se realice en un cortísimo periodo de tiempo, para que sea precisamente esta energía elástica la que pueda ser reutilizada correctamente y no sea absorbida o transformada en calor, al intentar el sujeto conseguir una posición que para él no sea la más adecuada, por ejemplo, los 90° (Cavagna y col. 1971).

Además, es preciso tener en cuenta que estas cualidades dejan de verificarse si el periodo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica es demasiado largo, situación que acarrea la pérdida de energía elástica acumulada. Esta situación, en la cual el periodo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica suele ser excesivamente largo, suele producirse en estas situaciones en las cuáles el sujeto no está acostumbrado a saltar a los exactamente 90° que exige el protocolo.

Por otro lado, González y Gorostiaga, (1995) exponen cómo en los sujetos más altos resulta más difícil mantener el ángulo de 90° en cada salto que se realice.

Por el contrario, un tiempo de transición corto se asocia a una elevada reutilización de la energía elástica (Bosco, Komi, e Ito, 1981; Bosco y komi, 1979). Por todo ello se hace preciso que el sujeto, antes de realizar la prueba, se familiarice con el protocolo y exigencias del test, pero teniendo cuidado de que dicha familiarización no le provoque un entrenamiento que desvirtúe los datos obtenidos.

Debido a lo comentado anteriormente creemos que sería más adecuado para la medición de la máxima capacidad elástica de los músculos intervinientes en la extensión de las extremidades inferiores que los sujetos realicen los test de salto sin ninguna limitación en cuanto al grado de flexoextensión de rodilla.

Así pues, el protocolo propuesto para calcular el índice de elasticidad máxima está determinado, según la presente investigación, en los siguientes pasos:

1. Realizar un test de salto vertical con contramovimiento (CMJ) con las manos colocadas en la cintura pero sin imponer ningún tipo de angulación en la flexión de rodillas. Con electrogoniómetro o tras una filmación en vídeo medir la angulación a la que optó el sujeto para la realización del salto vertical máximo. Esta angulación será, posiblemente, aquella en la cual el sujeto está más habituado a saltar y en la que posiblemente encuentre más comodidad en la ejecución.

2. Realizar un salto vertical sin contramovimiento (SJ), partiendo desde la angulación a la cual el sujeto realizó la transición fase excéntrica - fase concéntrica del salto con contramovimiento anteriormente descrito.
3. Restar al resultado del salto con contramovimiento el valor obtenido en el salto sin contramovimiento y calcular el valor porcentual, calculando de esta forma el índice de elasticidad máximo para el sujeto estudiado.

Este valor sí representaría el índice de elasticidad máximo y real para un sujeto que está acostumbrado a realizar determinada actividad deportiva, a determinadas angulaciones articulares.

Sin embargo, para algunos autores, hay que ser conscientes que esta situación sería válida siempre y cuando se respeten unos márgenes de flexión puesto que el grado de angulación de las articulaciones en un movimiento determinado puede movilizar más o menos músculos de un modo favorable y que el grado de giro que adopta la articulación en la aplicación de una fuerza, condiciona su mayor o menor intensidad. (Pérez, 1987).

5. CONCLUSIONES

Después de comparar el Test de Bosco para el cálculo del índice de elasticidad (Bosco, 1981) con la presente propuesta protocolaria, para calcular el índice de elasticidad máxima en los miembros inferiores, se puede concluir, con las limitaciones que presenta el estudio realizado, que la prueba de Bosco a 90° limita, en cierta medida, la completa utilización de la capacidad viscoelástica de los músculos intervinientes en el salto vertical.

Tal y como describen las investigaciones consultadas y referidas anteriormente en el texto, la exigencia de tener que llegar a un ángulo de 90° a la hora de realizar el CMJ provoca que parte de la energía elástica acumulada se pierda, debido a que dicha posición no es la más adecuada para todos los sujetos, puesto que las características y el tipo de entrenamiento llevado a cabo puede influir en los ángulos en los cuáles el índice de elasticidad se expresa en su máxima capacidad.

Por lo tanto, siendo consciente de las limitaciones de la presente investigación, se propone la utilización del protocolo, basado en un ángulo libre de flexoextensión de rodillas, expuesto en el presente artículo, para calcular el índice de elasticidad máxima de cada sujeto, con independencia de su sexo, edad, altura o tipo de entrenamiento.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, X. y Gonzalez, J.L. (1996). La capacidad de salto: problemas de medición y soluciones. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, nº 4, Tomo IX, pp. 17-23.
- Anderson, F.C. y Pandy, M.G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of biomechanics*, 26:12, pp 1413-1427.

- Asmussen, E. y Bonde Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91, 385-392.
- Bobbert, M.F. y Schenaugs V.I. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21(3), 249-62
- Bosco, C. (1980). Sei un grand atleta? Vediamo cosa l'ergojump. *Pallavlo*-16, nº5, pp 34-36.
- Bosco, C. (1985). L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Atleticastudi*, 16. 7-113.
- Bosco, C. (1987). Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica con los tests de Bosco. *Apunts: treballs originals*, Vol. XXIV, pp. 151-156.
- Bosco, C.; Luhanen P. y Komi P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, nº 50, pp. 273-282.
- Bosco, C.; Komi, P.V. y Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111. 135-140.
- Bosco, C. y Komi, P.V. (1979) Potentiation of the mechanical behavior of de human skeletal muscle through prestreching. *Acta Physiologica Scandinavica* 106, pp. 467-472.
- Bosco, C.; Tihanyi, J.; Komi, P.V.; Fekete, G y Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta physiologica Scandinavica*. 116, pp. 343-349.
- Bürlhe, M. (1985) *Aspectos biomecánicos del entrenamiento de la fuerza de salto*. En Fuerza y capacidad de salto, vol. 1. C.A.R./R.F.E.A. San Cugat del Vallés.
- Cavagna, G.A.; Komarek L.; Citterio G. y Margaria, R. (1971). Power output of the previously stretched muscle. *Medicine and Sport*, 6, pp. 159-167.
- Fenn W. O. y Marsh B. S. (1935). Muscular force at different speeds of shortening". *Journal of Physiology*. 1935;85;277-297.
- Galilea, P.A.; Pons, V.; Drobnic, F.; Banquells, M. y Rodriguez, F.A (1990). *Valoración de la Fuerza muscular*. Seminario de Biomedicina del deporte. Madrid: COE.
- Garcia, J.M. y Rodriguez, D. (1997) Comportamiento muscular en la fuerza reactiva. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. Tomo XI, nº4, pp. 5-12.
- González Montesinos, J.L. y Mora Vicente, J. (2006). "Detector de apoyos via radio". Patente Internacional Nº de solicitud: P200300890 Nº Publicacion: 2237280 Fecha concesión: 12-09-2006 Solicitud internacional PCT/ES2004/000161 Universidad de Cádiz.
- González, J.L.; Díaz, N.; García, L.; Mora J.; Castro, J. y Facio, M. (2007). La capacidad de salto e índice de elasticidad en educación primaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol 7 (28) .<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista28/artsalto68.htm>
- González, J.L. y Aguado, X. (2000). El pulsador plantar perfeccionado frente al Ergo Jump Bosco System en la realización del Repeat Jump. *COPLEF*, Abril, 2000, pp. 23-28.
- González, J.J. y Gorostiaga E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: INDE
- Hernández, R. (1989). *Morfología funcional deportiva*. Barcelona: Paidotribo.

- Locatelli, E. (1996). Importancia de la glucólisis anaeróbica y de la reactividad en la velocidad corta (60, 100 y 200 metros). *Atletismo*, nº 480, pp. 44-47. Abril.
- Locatelli, E. (1990). *La fuerza*. C.A.R./R.F.E.A., Fuerza y Capacidad de Salto vol. 1 Sant Cugat del Vallés.
- Marina, M. y Rodríguez, F. (1993). Valoración de las distintas expresiones de la fuerza de salto en gimnasia artística. *Apunts medicina de l'esport*, Vol. XXX, nº117, pp. 233-245, Septiembre.
- Pérez, D.T. (1987). *Aspectos básicos de la condición física*. Monografías Universitarias. Universidad Internacional Alfonso VIII. Soria. Cap. 14: 173-182.
- Ramey, M.R. (1982). *Biomechanics of the long jump and triple jump*. In: Juris Teraud. Academic Publishers, Biomechanics in Sports. Del Mar, pp. 251-265, California.
- Saibene, F.; Bruno, R. y Cortili, G. (1986) *Fisiología e Psicología degli Sport*. Milan: Edizione Scientifiche & Techniche Mondadori, pp. 126-163.
- Velez, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para mejorar el salto. *Apunts de medicina del deporte*, XXIX, pp. 139-244.
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza en el sprint. *Atleticastudi* nº 1, pp. 3-25.

[Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte](#)- vol. 10- número 39- septiembre 2010 - ISSN: 1577-0354

**ESPACIO RESERVADO PARA SU
PATROCINIO PERMANENTE DE ESTE
ARTÍCULO**

**PERMANENT SPACE FOR YOUR
SPONSORSHIP**

Information rsanzdelara@hotmail.com